

アイトラッカーの作業分析による 熟練工技術伝承コンテンツの作成

土屋 慶, 広瀬 啓雄
公立諏訪東京理科大学 工学部

Contents for transmitting skill of skilled worker by work analysis of Eye-tracker

Kei Tsuchiya, Hiroo Hirose
Suwa University of Science

新人作業者と熟練作業者との間には技術に大きな差があり、熟練作業者の技術を新人作業者に伝承していくことは、企業の将来にとって必要不可欠となる。しかしながら、技術を伝承するすべはしっかりと確立されていない。そこで、本研究では新人作業者と熟練作業者の視線情報を分析し、暗黙知の形式化を促し技術伝承支援を目的としたWEBコンテンツを構築する。外国人技能実習生など日本語が不自由な方でも扱えるよう、APIを活用し多言語化も行う。

キーワード: 技術伝承支援, 熟練作業者, 暗黙知, WEBコンテンツ, 多言語化

1. はじめに

新人作業者と熟練作業者とは、技術の違いに大きな差があるということはもちろんであるが、熟練作業者の技術を確実に新人作業者へと伝承するすべはしっかりとはない。しかしながら、熟練作業者の技術を新人作業者に伝承していくことは、様々な企業の将来にとっても必要不可欠だ。

本研究の目的は、熟練作業者の技術を新人作業者へと伝承するための技術伝承支援コンテンツを作成し評価することである。視線に注目し、アイトラッカーによる視線解析を活用することで、新人作業者と熟練作業者の違いを考慮する。また、技術伝承に必要な知識習得支援コンテンツを作成する。

2. 予備実験

2.1 アイトラッカーを用いた予備実験

予備実験として、大学近郊精密機器製造会社に協力を頂き、入社して3年目の新人作業者と、作業経験50年以上の熟練作業者の視線動画撮影を、アイトラッカ

ーを用いて行った。

アイトラッカーとは、人間の眼球の動きをより簡単に測定することを目的として開発された画像処理方式の眼球運動測定装置である。この装置により作業者がいつどこに視線を向けているのかが測定できる。

2.2 実験目的

実験の目的は二つあり、熟練作業者の技術伝承支援コンテンツ作成のために、視線を含めた動画を撮影することと、熟練作業者と新人作業者の作業中の視線の違いを明らかにすることである。

2.3 実験方法

入社3年目の新人作業者と作業経験50年以上の熟練作業者に同じ作業を行って頂き、15分弱の視線動画を撮影する。今回撮影した作業は、圧力計の指針をはめ込む作業で、その作業内容としては、目盛盤の裏にある内機という部分を調整し、完成品であるマスターゲージに合わせるという作業である。

撮影した動画から視線解析を行う。視線解析の内容として注視回数、注視時間、注視箇所の3つの解析を行

う。注視回数は、撮影した15分間の動画の中で、何回注視をして作業を行っていたのかを解析する。注視時間は、注視一回がどのくらいの長さであったのかを解析する。注視箇所は、今回行って頂いた作業の中で、注視することが多い箇所をピックアップし、その箇所でも何回注視していたのかを解析する。本研究ではこれらの解析を行い、最終的に技術伝承支援コンテンツの作成を行う。

2.4 作業概要

今回撮影した作業は、C型ブルドン管と内部機構を溶接したものに指針を取り付けるという作業である。ブルドン管圧力計は、「アネロイド型圧力計」に分類され、図1のようにブルドン管、内部拡大機構、株、目盛盤指針、透明板、ケース、カバーなどから構成される。中でも特に重要なのがブルドン管と内部機構になり、この二つの要素がブルドン管圧力計の性能を決定する。

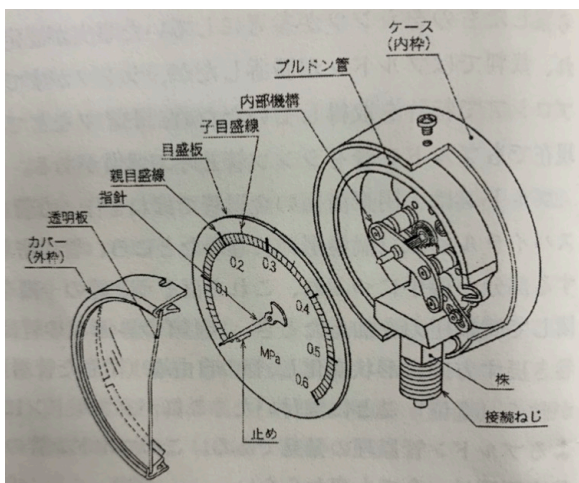


図1 ブルドン管圧力計

2.5 実験結果

2.5.1 注視回数と注視時間

表1は新人作業者の、表2は熟練作業者の両目の注視回数と注視時間を合計し、まとめたものである。

2.5.2 注視箇所

表3は新人作業者の、表4は熟練作業者の両目の注視箇所を合計しまとめたものである。

表1 新人作業者の注視回数

新人作業者	1個目	2個目	3個目	4個目	5個目	6個目	7個目	8個目	9個目
100msec	1069	473	494	515	467	352	236	123	188
200msec	118	51	51	50	55	27	11	8	21
300msec	25	15	9	16	18	6	4	1	5
400msec	10	5	0	6	6	3	1	1	3
500msec	3	3	0	4	4	1	0	0	0
600msec	1	2	0	2	0	0	0	0	0
700msec	1	1	0	2	0	0	0	0	0
800msec	0	0	0	2	0	0	0	0	0
900msec	0	0	0	2	0	0	0	0	0
1000msec	0	0	0	1	0	0	0	0	0
合計	1227	550	554	600	550	389	252	133	217
秒数	442	222	174	258	204	172	134	112	150

表2 熟練作業者の注視回数

熟練作業者	1個目	2個目	3個目	4個目	5個目	6個目	7個目	8個目	9個目	10個目
100msec	187	291	93	139	119	159	148	128	139	202
200msec	4	8	2	3	3	7	4	3	4	6
300msec	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2
400msec	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500msec	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	194	299	95	142	122	166	152	132	143	210
秒数	140	212	82	152	96	120	138	128	128	196

表3 新人作業者の注視箇所

新人作業者	1個目	2個目	3個目	4個目	5個目	6個目	7個目	8個目	9個目
注視箇所	目	目	目	目	目	目	目	目	目
ロッド	242	92	198	140	202	172	184	36	170
目盛盤	336	138	100	182	124	56	68	44	34
マスターゲージ	402	176	126	210	116	120	44	44	20
その他	314	138	148	64	124	76	16	32	40
合計	1294	544	572	596	566	424	312	156	264

表 4 熟練作業者の注視箇所

熟練作業者											
注視箇所	1 個	2 個	3 個	4 個	5 個	6 個	7 個	8 個	9 個	10 個	
	目	目	目	目	目	目	目	目	目	目	
ロッド	42	74	31	38	37	39	46	37	27	70	
目盛盤	82	120	39	53	36	63	68	48	48	55	
マスター ゲージ	23	47	14	24	15	35	9	24	21	38	
その他	47	58	11	27	34	29	29	23	47	47	
合計	194	299	95	142	122	166	152	132	143	210	

3. 熟練作業者の技術的特徴

本研究の予備実験の視線解析データから、新人作業者と熟練作業者の視線データと比較し、その特徴について述べる。

図 2 は新人作業者と熟練作業者の注視時間と注視回数を比較したものである。縦軸は注視回数、横軸は注視時間を表す。新人作業者と熟練作業者では大きく注視回数が異なり、新人作業者の方が、注視回数が非常に多いことが見て取れる。また、熟練作業者は最長の注視時間が 500msec なのに対し、新人作業者は最長 1000msec と注視時間が長いこともわかる。

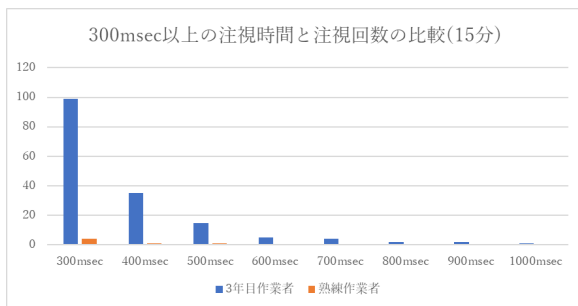


図 2 新人作業者と熟練作業者の注視時間と注視回数

図 3 は新人作業者の、図 4 は熟練作業者の注視箇所ごとの注視回数の内訳を表している。新人作業者はマスターゲージへの注視がロッドに次ぎ 27%と二番目に多いが、熟練作業者は 15%と他より低い割合となっている。また、熟練作業者の注視割合が 37%と大きい目盛盤は、新人作業者では 23%と他と比べ低い割合となっている。

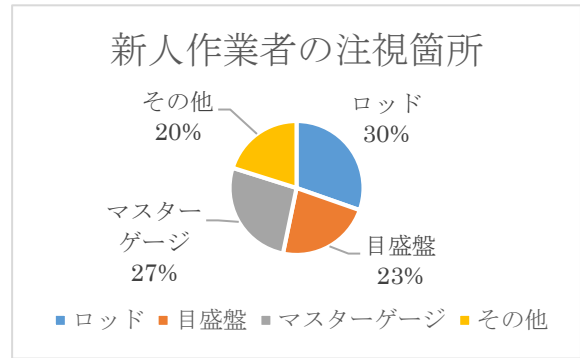


図 3 新人作業者の注視箇所

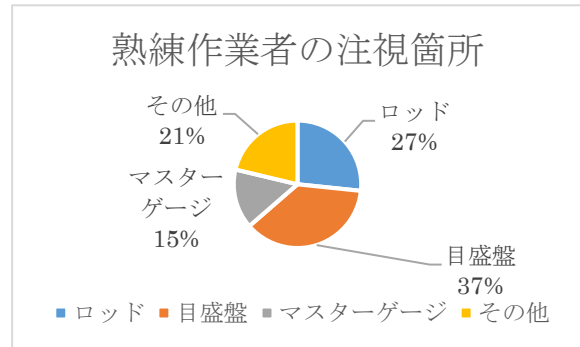


図 4 熟練作業者の注視箇所

これらの結果から、熟練作業者はマスターゲージを注視せずとも感覚や音で指針を合わせられる技術があると考えられ、新人作業者には分からないような暗黙知が関係していると予想できる。

4. 技術伝承支援コンテンツ

4.1 設計

技術伝承支援コンテンツの作成目的としては、視線を用いたコンテンツを作成することで、熟練作業者持つ暗黙知を形式化するためである。ただ文字が並んでいるだけの普遍的なコンテンツとは違い、解析した視線データ付きのコンテンツを活用することによって、新人作業者に熟練作業者が持つ暗黙知を伝承することが目的である。

技術伝承支援コンテンツは、WEB ブラウザで閲覧ができ、画像を用いて作業についての知識を習得するページと、動画を用いてスキルを習得するページから構成される。

また、コンテンツを外国人技能実習生などの日本語が不自由な方でも利用できるよう、API によるコンテンツの自動翻訳を行う。

4.2 実装

図 5 が実際に作成したコンテンツの画面である。画面左側のメニューバーから作業マニュアル、解説動画、参考書のページへ移動ができる。



図 5 マニュアル画面

画面上部のセレクトボックスより言語を選択することが可能で、選択した言語へページが翻訳される。図 6 は英語を選択し翻訳されたページ画面である。

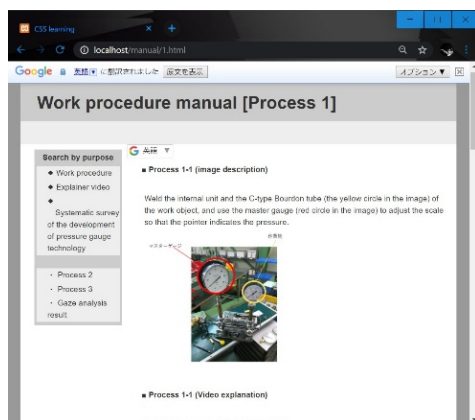


図 6 マニュアル画面：英訳後

多言語化に対応するために、Google Translation API を使いテキストの翻訳を行っている。しかし、これだけでは画像内のテキストを翻訳することはできない。そのため、画像から OCR によるテキストの抽出を行う。OCR には Google Vision API を使い、抽出したテキストを Google Translation API により日本語から他言語への翻訳を行う。

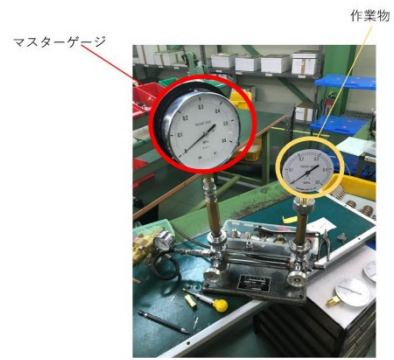


図 7 マニュアル内画像：翻訳前

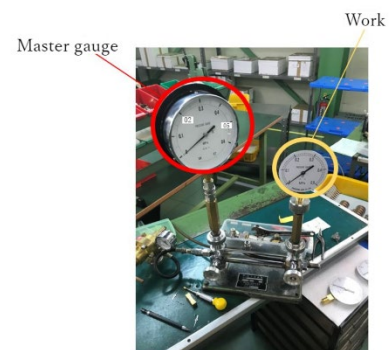


図 8 マニュアル画像：英訳後

画像の描画は HTML の canvas 要素を用いて行い、翻訳したテキストを上から描画することにより画像の翻訳が可能となる。

解説動画では、アイトラッカーにより撮影した熟練作業者の視線動画を用いており、作業の要所に字幕での説明を付け加えている。重要な部分で動画を一時停止させることにより、作業者の視線や、作業内容を把握しやすいようにしている。



図 9 解説動画

字幕には WebVTT⁽⁴⁾ を導入しており、これにより字幕の多言語化を行った。

また、複数言語の vtt ファイルを手入力を用意するに

は手間がかかってしまう。そのため、Google Translation APIにより、別途日本語字幕用ファイルを入力することで他言語字幕用ファイルを生成できるプログラムを作成した。

5. 評価

5.1 評価方法

技術伝承支援コンテンツの作成後、実際に大学近郊精密機器製造会社の社長及び作業経験50年の熟練作業者に、技術伝承支援コンテンツを評価して頂いた。

5.2 評価結果

WEBコンテンツとして作成したことにより、メニューや翻訳などの様々な機能を追加することができ、より扱いやすいコンテンツとなった。また、動画内に説明や注釈箇所を挿入した解説動画は理解がしやすいとの評価が頂けた。

しかし、作業工程が実際の作業書と食い違っている箇所があることや、解説動画内の説明の不十分さ、動画の解像度が低いことにより細かな作業がよく見えないなどの課題も指摘頂いた。

5.3 修正事項

現在のマニュアルの仕様では工程が概括的に分かれているため、現行の作業書に沿った工程名や作業内容に置き換える必要がある。また、動画内の説明などをより専門的な言葉に置き換えることや、内容を充実させる必要がある。

視線動画では、視線は把握できるものの、解像度の関係上作業者の手元が明確に映されていない。そのため、手元を別カメラにより撮影し、解説動画内に組み込むことができれば解消可能だと考えられる。

6. まとめ

本論文は、熟練作業者の暗黙知を形式化し、新人作業員へと技術を伝承することが大きなテーマであり、現状、暗黙知を形式化することは難しく、新人作業員へ技術を伝承することも難しいことが問題点である。

技術の伝承を容易にするために、本研究では視線を用いた技術伝承支援マニュアルを作成するという形で、この問題の解決に挑戦した。結果、熟練作業者の視線を

考慮し、技術伝承に必要な知識の形式化及び多言語化に対応したコンテンツの作成を行えた。

今回上がった課題点に加え、音声データなどを活用し、耳からでも情報を得られるよう修正することで、より有用的な技術伝承支援コンテンツを作成することができるかと考察する。

今後の課題として、外国人技能実習生に今回作成した技術伝承支援コンテンツを利用してもらい、具体的な学習効果を実証していきたい。

参考文献

- (1) 鈴木 貴之「構造化モデリング法を用いた列車運転士の注視行動分析」『The 29th Fuzzy System Symposium(Osaka September 9-11,2013)』546-551頁
- (2) 野中 郁次郎 竹中 弘高『知識創造企業』東洋経済2007
- (3) 清水 明雄『圧力計技術の発展の系統化調査』国立科学博物館 2010
- (4) MDN Web Docs, “Web ビデオテキストトラックフォーマット (WebVTT)” , https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/API/WebVTT_API, 2021/10/13